

PERANCANGAN KIT PERCOBAAN GERAK LURUS BERUBAH BERATURAN PADA BIDANG MIRING

Dwi Kurniawan, Imam Sucahyo

Jurusan Fisika, FMIPA, UNESA, E-mail dwie.koerniawan@gmail.com

Abstrak

Penelitian dan perancangan KIT percobaan gerak lurus berubah beraturan pada bidang miring bertujuan untuk membuat alat yang digunakan sebagai simulasi pembelajaran gerak lurus berubah beraturan pada bidang miring serta mengkaji teori-teori yang relevan. KIT ini terdiri dari lintasan sepanjang satu meter yang dilengkapi lima buah sensor *phototransistor* yang dipasang dengan jarak 25 cm, kerangka bidang miring yang dilengkapi *rotary encoder* sebagai penentu kemiringan lintasan serta mikrokontroler sebagai penghitung waktu dan pengolah data. Lima buah sensor yang terpasang pada lintasan digunakan untuk mendeteksi pergerakan trolis selama melintasi bidang miring. Sehingga diperoleh nilai waktu yang dihitung dan dicatat oleh mikrokontroler. Pengambilan data dilakukan pada sudut 4° sampai 15° . Dari perubahan sudut tersebut diperoleh waktu tempuh trolis pada tiap sensor yang digunakan untuk menghitung percepatan trolis menggunakan persamaan gerak lurus berubah beraturan. Diperoleh nilai percepatan trolis dengan kesalahan terbesar pada sudut 15° secara berurutan a_1 , a_2 , a_3 dan a_4 adalah 2.07 m/s^2 , 1.88 m/s^2 , 1.81 m/s^2 dan 1.76 m/s^2 . Dari data tersebut diketahui bahwa nilai percepatan semakin kecil, hal ini disebabkan oleh gaya gesek udara, dimana semakin cepat trolis maka gaya gesekan udara semakin besar.

Kata Kunci: Bidang miring, percepatan, gerak lurus berubah beraturan, *rotary encoder*, *phototransistor*.

Abstract

The purposes of this research are to observe and develop non-uniform accelerated motion apparatus on an inclined plane that used to simulate non-uniform accelerated motion on inclined plane and discuss about the theory. The components of this apparatus are one meters track with five built in phototransistor sensors with distance between sensors about 25cm, an inclined plane body with built in rotary encoder sensors that used to determine the angle of the inclined plane, also a microcontroller that used to measure travel time and acceleration of the trolley. Five sensors are built in the track used to detect trolley motion. So the time of trolley that moved down on inclined plane can be measured with the microcontroller. The angles of the collected data are 4° until 15° . From the manipulation of the angle we get time travel and acceleration that measured with non-uniform accelerated motion equation. The trolley acceleration in 15° with the acceleration calls a_1 , a_2 , a_3 and a_4 with each of which are 2.07 m/s^2 , 1.88 m/s^2 , 1.81 m/s^2 dan 1.76 m/s^2 . From these value we know the acceleration of trolley are decrement, in causes by air friction force, with faster trolley down on incline the air force of air friction are greater.

Keywords: Inclined plane, acceleration, non-uniform accelerated motion, *rotary encoder*, *phototransistor*.

PENDAHULUAN

Fisika merupakan salah satu pelajaran yang sudah diterapkan sejak bangku SD meskipun pelajaran fisika sendiri hanya berupa submateri dari mata pelajaran IPA yang selanjutnya pada tingkat SMP mata pelajaran fisika berupa mata pelajaran bagian dari IPA terpadu. Fisika baru diajarkan sebagai mata pelajaran tersendiri pada bangku SMA. Pada dasarnya fisika adalah matapelajaran yang mempelajari tentang sistem dan gejala alam tak hidup dalam lingkup ruang dan waktu. Pentingnya diajarkan mata pelajaran fisika supaya setiap peserta didik mengetahui dan mengerti tentang hal-hal yang mempengaruhi suatu kejadian fisis.

Salah satu penerapan fisika dalam kehidupan sehari-hari adalah bidang miring. Pada mata pelajaran fisika bidang miring termasuk dalam kelompok mekanika klasik yang sudah diajarkan pada bangku SD yang hanya sebatas penerapannya, sedangkan pada bangku SMP mata pelajaran fisika mempelajari lebih lanjut tentang kecepatan, gaya gesek dan energi kinetiknya. Sebagian besar murid akan susah mencerna, bagaimanakah prinsip kerja dari bidang miring, aspek aspek yang

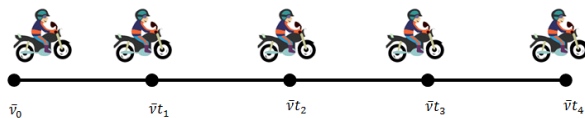
mempengaruhi jikalau hal itu sebatas dibayangkan saja. Hal ini akan menjadi sia-sia saja, jika murid hanya mengerti sebatas teori namun tidak mengerti kondisi realnya.

Tujuan penelitian ini adalah merancang, mengkaji dan menerapkan kit percobaan gerak lurus berubah beraturan pada bidang miring sebagai simulasi pembelajaran materi gerak lurus berubah beraturan pada bidang miring dalam menentukan waktu tempuh dan percepatan.

Sehingga untuk selanjutnya peneliti memiliki motivasi membuat perangkat atau kit bidang miring sebagai peraga pendidikan. Perancangan alat ini dikhususkan sebagai alat bantu dalam menyampaikan materi selama proses belajar mengajar. Oleh karena itu peneliti berinisiatif melakukan penelitian dan membuat alat peraga berupa simulator bidang miring. Dalam penelitian ini peneliti menggunakan mikrokontroler berbasis Arduino.

TEORI DASAR

Gerak lurus berubah beraturan (GLBB) adalah gerak suatu benda pada lintasan lurus dimana kecepatan benda berubah secara teratur setiap detiknya. Misalkan seorang pengendara motor yang melaju dalam waktu satu detik menempuh jarak satu meter, kemudian pada detik berikutnya menempuh jarak tiga meter, begitu seterusnya (gambar 1). Maka pengendara motor tersebut dapat dikatakan memiliki kecepatan yang berubah setiap waktunya. Sehingga perbandingan jarak dengan selang waktu yang dilalui pengendara motor tersebut berubah. Berikut ilustrasi pengendara motor yang bergerak lurus berubah beraturan.



Gambar 1. Contoh GLBB

Pada saat kecepatan awal (v_0) dengan posisi benda pada x_0 benda bergerak dengan waktu awal (t_0). Kemudian pada kecepatan v_t benda berada pada posisi x dengan waktu t , sehingga kecepatan rata rata dari benda tersebut dapat diketahui dengan persamaan

$$\bar{v} = \frac{x-x_0}{t-t_0} = \frac{x-x_0}{t} \quad (1)$$

karena $t_0=0$, dengan percepatan konstan terhadap waktu, dari persamaan $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ maka

$$a = \frac{\bar{v}_t - \bar{v}_0}{t} \quad (2)$$

sehingga untuk mencari kecepatan akhir benda, dengan menambahkan kedua ruas dengan v_0 , maka

$$\bar{v}_t = \bar{v}_0 + at \quad (3)$$

Selanjutnya, untuk menghitung posisi benda setelah menempuh waktu t sekon ketika benda tersebut mengalami percepatan konstan, sehingga dari persamaan kecepatan rata-rata $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$, dikarenakan nilai $t_0=0$, maka

$$\bar{v} = \frac{x-x_0}{t} \quad (4)$$

Karena kecepatan bertambah secara beraturan, maka untuk mencari kecepatan rata-rata nya dapat dicari dengan membagi dua antara kecepatan awal dan akhir, dapat dituliskan menjadi

$$\bar{v} = \frac{\bar{v}_0 + \bar{v}_t}{2} \quad (5)$$

Substitusi persamaan (5) dalam persamaan (4), diperoleh

$$x = x_0 + \bar{v}t = x_0 + \left(\frac{\bar{v}_0 + \bar{v}_t}{2}\right)t \quad (6)$$

Dengan memasukkan nilai $v = v_0 + at$ sehingga

$$x = x_0 + \left(\frac{\bar{v}_0 + \bar{v}_0 + at}{2}\right)t \quad (7)$$

$$x = x_0 + \bar{v}_0 t + \frac{1}{2} at^2 \quad (8)$$

Karena nilai x_0 dan \bar{v}_0 bernilai nol maka nilai percepatannya

$$a = \frac{2x}{t^2} \quad (9)$$

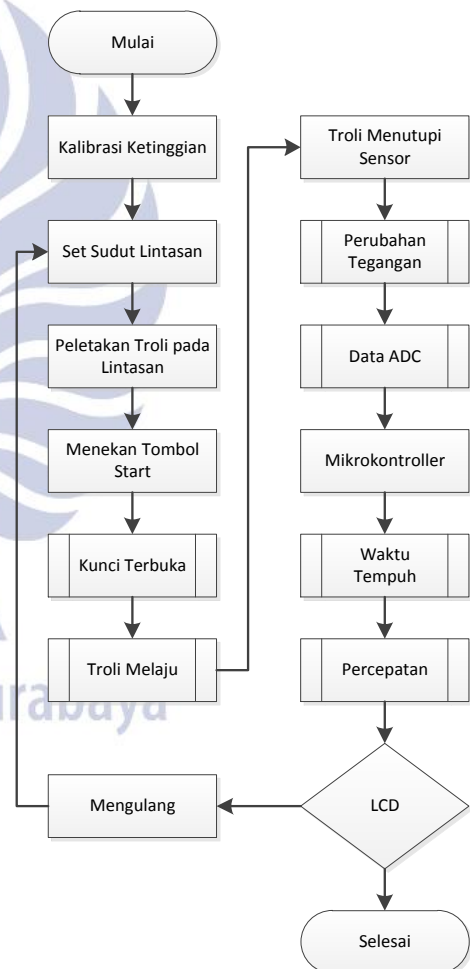
METODE PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian

Penelitian berbasis laboratorium ini bertujuan untuk mempelajari tentang gerak lurus berubah beraturan

pada bidang miring. Perancangan alat menggunakan sebuah lintasan yang dilengkapi dengan 5 buah sensor photogate. Untuk benda yang digunakan dalam simulasinya yakni berupa trolis. Sedangkan untuk memanipulasi sudut bidang miring menggunakan motor DC yang dilengkapi dengan gearbox yang dipadukan dengan rotary encoder untuk menghitung sudutnya. Perhitungan percepatan dilakukan setelah mengetahui waktu yang terbaca pada masing masing sensor, yaitu sensor 1 sampai sensor 5 yang mana nantinya akan didapat t_1, t_2, t_3 dan t_4 .

Sistem instrumentasi yang digunakan pada penelitian ini antara lain mikrokontroller yang berfungsi sebagai penghitung waktu yang terbaca oleh photogate dan sudut yang terbaca oleh rotary encoder. Gambar 2 menjelaskan jalannya penelitian dengan hasil akhir berupa percepatan, namun sebelum mendapatkan nilai percepatan didapatkan nilai waktu terlebih dahulu yang terbaca pada photogate.

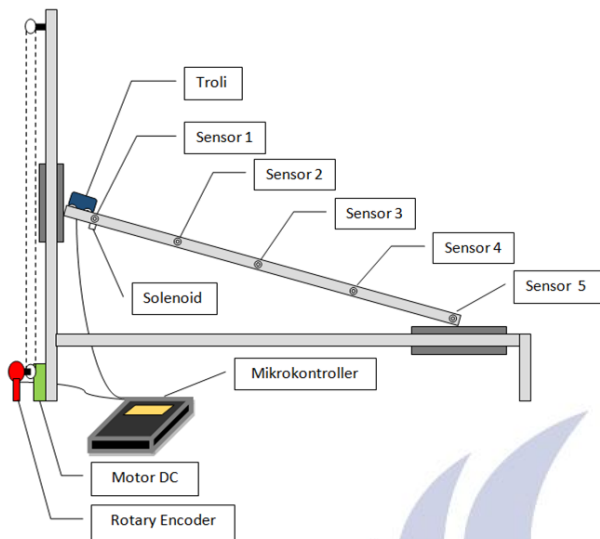


Gambar 2 Diagram sistem KIT bidang miring

B. Aparatus dan Instrumen Penelitian

Rancangan alat yang digunakan untuk mengukur nilai waktu pada penelitian ini adalah berupa lintasan sepanjang 1 meter yang dilengkapi lima buah sensor yang digunakan untuk mendeteksi gerak trolis, sedangkan untuk mengetahui sudut lintasan digunakan sensor rotary encoder sebagai penghitung ketinggian. Kedua sensor

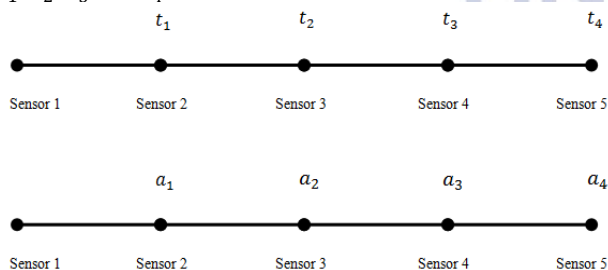
tersebut dihubungkan ke mikrokontroller untuk pemrosesan data lebih lanjut. Gambar 2 merupakan rancangan KIT bidang miring yang dirancang sebagai alat untuk simulasi gerak lurus berubah beraturan pada bidang miring.



Gambar 3 Rancangan KIT bidang miring

D. Teknik Pengumpulan Data

Pengambilan data pada kit percobaan pada bidang miring dilakukan dengan cara mengatur ketinggian atau kemiringan bidang miring. Setelah ketinggian di set maka meletakkan troli pada garis start di lintasan, setelah troli diletakkan pada lintasan. Untuk memulai percobaan yakni dengan menekan tombol start, maka pengunci yang berupa *solenoid* akan terbuka yang mengakibatkan troli bergerak, saat troli bergerak melewati sensor yang berupa *phototransistor* dan inframerah maka waktu akan terbaca, pada lintasan terdapat 5 buah sensor yang berjarak 25 cm antar sensor, 5 buah sensor ini menentukan waktu tempuh antara sensor 1-2, sensor 1-3, sensor 1-4 dan sensor 1-5 yang masing masing secara berurutan dimisalkan dengan t_1 , t_2 , t_3 dan t_4 .



Gambar 4 Posisi peletakan sensor KIT bidang miring

E. Teknik Pengolahan Data

Setelah memperoleh data berupa waktu waktu tempuh maka perhitungan percepatan pada posisi sensor 1-2 (a_1) (Gambar 4) dilakukan dengan menggunakan persamaan

$$S = v_0 t_1 + \frac{1}{2} a_1 t_1^2$$

Karena nilai $v_0 = 0$ maka

$$S = \frac{1}{2} a_1 t_1^2$$

Sehingga nilai percepatan pada posisi sensor 1-2 (a_1) yaitu

$$a_1 = \frac{2S}{t_1^2}$$

Dengan persamaan di atas dapat digunakan untuk menghitung nilai percepatan a_2 , a_3 dan a_4 .

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Setelah melakukan perbandingan dengan photogate pasco maka dilakukan proses pengambilan data, data yang diambil yakni berupa data waktu tempuh pada saat t_1 , t_2 , t_3 dan t_4 yang dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Nilai waktu tempuh troli pada saat t_1 , t_2 , t_3 dan t_4

Sudut (°)	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	t_4 (s)
4	1.29	0.64	0.54	0.47
5	1.02	0.50	0.41	0.35
6	0.86	0.43	0.34	0.29
7	0.76	0.39	0.31	0.25
8	0.69	0.34	0.27	0.22
9	0.64	0.31	0.25	0.21
10	0.61	0.30	0.24	0.20
11	0.57	0.28	0.23	0.18
12	0.56	0.26	0.23	0.17
13	0.54	0.25	0.19	0.17
14	0.52	0.25	0.19	0.16
15	0.49	0.24	0.18	0.16

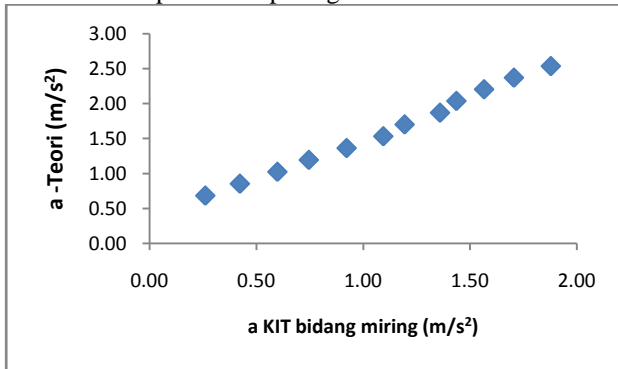
Dari hasil pengukuran waktu tempuh troli yang dapat dilihat pada tabel 1, dari tabel tersebut bisa diamati bahwa nilai waktu tempuh berbanding terbalik dengan besar sudut, yaitu semakin besar sudut semakin kecil waktu tempuh troli. Selain itu, dapat dilihat bahwa nilai waktu pada posisi t_1 lebih besar jika dibandingkan dengan t_2 begitu juga seterusnya jika dibandingkan dengan t_3 dan t_4 dari pengurangan waktu tempuh ini dapat di asumsikan bahwa troli mengalami percepatan, untuk itu dihitung nilai percepatan yang didapat pada tabel 2.

Tabel 2. Percepatan troli pada saat t_1 , t_2 , t_3 dan t_4

Sudut (°)	a_1 (m/s ²)	a_2 (m/s ²)	a_3 (m/s ²)	a_4 (m/s ²)	$a_{rata-rata}$ (m/s ²)	a_{teori} (m/s ²)
4.00	0.30	0.27	0.25	0.23	0.26	0.68
5.00	0.48	0.43	0.40	0.38	0.42	0.85
6.00	0.68	0.61	0.57	0.55	0.60	1.02
7.00	0.86	0.75	0.70	0.68	0.75	1.19
8.00	1.04	0.93	0.87	0.85	0.92	1.36
9.00	1.22	1.11	1.04	1.01	1.10	1.53
10.00	1.33	1.20	1.14	1.11	1.20	1.70
11.00	1.52	1.37	1.28	1.26	1.36	1.87
12.00	1.57	1.47	1.36	1.35	1.44	2.04
13.00	1.69	1.57	1.52	1.49	1.57	2.20
14.00	1.86	1.71	1.64	1.61	1.71	2.37
15.00	2.07	1.88	1.81	1.76	1.88	2.54

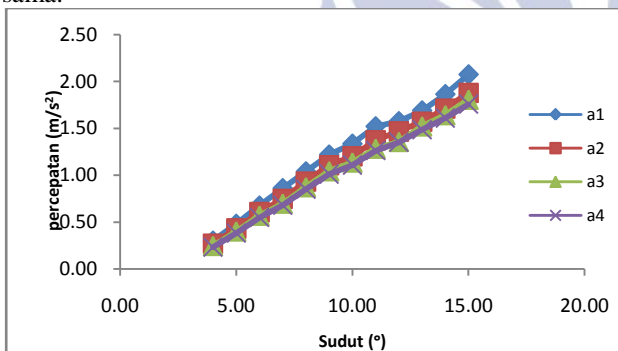
Dari tabel 2 dapat diketahui bahwa nilai percepatan yang dialami troli selama menempuh jarak 1m pada tiap derajat dengan posisi saat t_1 , t_2 , t_3 dan t_4

mengalami percepatan yang semakin kecil, Untuk mengetahui hubungan antara percepatan yang didapat dengan menggunakan kit bidang miring dan percepatan secara teori dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik hubungan percepatan secara teori dan percepatan dari perhitungan waktu yang didapat

Dari gambar grafik 5 dapat diketahui hubungan antara percepatan yang didapatkan secara teori yang menggunakan persamaan 9 dan percepatan yang didapatkan dengan cara menghitung waktu yang terukur sebelumnya, dari grafik tersebut diketahui bahwa percepatan secara teori dan secara perhitungan data tidak sama.

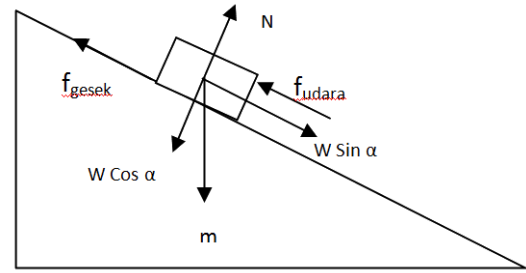


Gambar 6. Grafik hubungan besar sudut dan percepatan

Dari gambar 6 dapat diketahui hubungan antara besar sudut dan percepatan, yakni antara besar sudut dan percepatan berbanding lurus, semakin besar sudut maka percepatan yang dialami troli semakin besar.

B. Pembahasan

Hasil pengukuran waktu menggunakan kit bidang miring dengan rentang sudut yang digunakan yaitu pada sudut 4° sampai sudut 15° yaitu untuk menghitung percepatan troli pada saat troli berada pada t_1 , t_2 , t_3 dan t_4 . Alasan mengapa digunakan sudut minimal yang bernilai 4° adalah troli mulai bisa melaju pada saat sudut tersebut, sedangkan sudut maksimum bernilai 15° adalah batas maksimum sensor menghitung waktu yang dibutuhkan saat troli melaju.



Gambar 7. Gambar komponen gaya yang mempengaruhi gerak troli

Secara teori percepatan troli pada bidang miring nilainya konstan. Dari data percepatan troli yang didapatkan pada tabel 4.6 diketahui bahwa percepatan troli yang didapat dengan KIT bidang miring dan secara teori tidak sama. Dalam gambar 7 dapat dilihat komponen komponen gaya yang mempengaruhi percepatan troli, salah satunya adalah gaya gesek troli dengan lintasan (f_{gesek}), sehingga persamaan percepatan troli pada bidang miring menjadi

$$a = g \cos \alpha - f_{gesek}$$

selain nilai percepatan troli yang tidak sama dengan teori, percepatan troli juga mengalami penurunan, hal ini disebabkan oleh gesekan troli dengan udara yang memenuhi persamaan

$$f_{udara} = b \cdot v$$

dari persamaan tersebut diketahui bahwa gaya gesek yang disebabkan oleh udara dipengaruhi oleh konstanta gesek udara dan kecepatan troli, nilai gaya gesek udara berbanding lurus dengan kecepatan, sehingga semakin besar kecepatan troli maka semakin besar juga gaya gesek yang disebabkan udara, hal inilah yang menyebabkan penurunan percepatan troli pada bidang miring.

PENUTUP

A. Kesimpulan

Secara teori percepatan troli yang melaju pada bidang miring nilainya konstan, tetapi pada penerapannya percepatan troli masih dipengaruhi gaya gesek troli dengan lintasan serta gaya gesek troli dengan udara.

Dari hasil penelitian KIT percobaan gerak lurus berubah beraturan, untuk mencari percepatan kit tersebut dapat digunakan untuk percobaan dengan rentang sudut kemiringan antara 4° sampai 15° . Selama penelitian didapat hubungan besar sudut lintasan dengan percepatan yakni berbanding lurus, semakin besar sudut lintasan maka semakin besar pula nilai percepatannya.

Nilai percepatan troli yang melaju belum memenuhi teori gerak lurus berubah beraturan, hal ini dipengaruhi oleh gaya gesek troli dengan udara, dimana nilai gaya gesek udara sebanding dengan kecepatan troli, troli melaju kebawah semakin cepat sehingga gaya gesek udara semakin besar, hal inilah yang mengakibatkan penurunan nilai percepatan pada tiap titik pengukuran.

B. Saran

Dari pengamatan yang didapat selama penelitian dan perancangan kit bidang miring ini perlu diperhatikan selama pembuatan troli dalam memilih roda hendaknya roda dipilih dengan seksama, agar gaya gesekan antara troli dengan lintasan dapat diperkecil lagi. Selain itu bentuk troli juga diperhitungkan dengan seksama agar pengaruh gesekan udara lebih kecil yang nantinya diharapkan bahwa gerak troli yang melaju menuruni bidang miring memenuhi teori gerak lurus berubah beraturan.

DAFTAR PUSTAKA

- Halliday, D & Robert Resnick. 1985. *Fundamentals of Physics Third Edition*. Jakarta: Erlangga.
- Tipler, P. A. & Mosca, G. 1998. *Physics for Scientist and Engineers Third Edition*. Jakarta: Erlangga.
- Giancoli. Douglas C. 2001. *Physics Principles With Applications, Fifth Edition*. Jakarta: Erlangga.
- Sutrisno. 1986. *Fisika Dasar : Mekanika. Jilid 2*. Bandung: Institute Teknologi Bandung
- Zemansky, Sears. *Fisika Mekanika.Panas.Bunyi,jilid 1*. Bandung: Binacipta 1994
- Scientific, P. 1998. *Instruction Manual and Experiment Guide for the PASCO scientific PHOTOGATE TIMER Model ME-9215B*. CANADA: Pasco.
- Wardani, A. K., Sucahyo, I., Prastowo, T. dan Anggaryani, M. 2013. Tinjauan ulang materi ajar gerak lurus beraturan melalui percobaan gravity current dalam skala laboratorium. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, Vol. 9, No.2.

